

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«РАДИОЛОКАЦИЯ И РАДИОНАВИГАЦИЯ»
для подготовки аспирантов по направлению
11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи»
по направленности
«Радиолокация и радионавигация»

Санкт-Петербург

2018

СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

№№ учебного плана: 8911140

Обеспечивающий факультет: ФРТ

Обеспечивающая кафедра: РС

Общая трудоемкость (ЗЕТ) 3

Курс 4

Семестр 8

Виды занятий

Лекции (академ. часов) 2

Все аудиторные (контактные) занятия (академ. 2 часов)

Самостоятельная работа (академ. часов) 106

Всего (академ. часов) 108

Вид промежуточной аттестации

Экзамен (семестр) 8

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры радиотехнических систем 21.02.2018, протокол № 2.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией факультета радиотехники и телекоммуникаций 28.02.18, протокол № 2.

АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«РАДИОЛОКАЦИЯ И РАДИОНАВИГАЦИЯ»

Курс предназначен для подготовки к сдаче кандидатского экзамена по специальности. В курсе излагаются методы статистической теории обработки сигналов в радиосистемах и радиоустройствах, а также методы синтеза оптимальных алгоритмов и структур обработки сигналов, как теоретическая база для изучения всех радиотехнических систем и устройств. Также рассматриваются радиотехнические системы различного назначения.

SUBJECT SUMMARY

«RADAR AND RADIO NAVIGATION»

The course is designed for preparation for the candidate exam in the specialty. The course outlines methods of statistical theory of signal processing in radio systems and radio-electronic devices and methods of synthesis of optimal algorithms and structures of signal processing, as a theoretical base for the study of all radio engineering systems and devices. Also discusses radio systems for various purposes.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Изучение методов статистической теории обработки сигналов в радиосистемах и радиоустройствах.
2. Формирование умения синтезировать оптимальные алгоритмы и структуры обработки сигналов в заданных условиях.
3. Освоение принципов и формирование навыков анализа радиолокационных и радионавигационных систем различного назначения.

Перечень компетенций, в формировании которых участвует дисциплина, приведен в матрице компетенций, прилагаемой к ООП.

Настоящая программа составлена на основе «Программы кандидатских экзаменов по истории и философии науки, иностранному языку и специальным дисциплинам», утвержденной приказом Минобрнауки России от 8 октября 2007 г. № 274 (зарегистрирован Минюстом России 19 октября 2007 г., регистрационный № 10363).

МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Радиолокация и радионавигация» относится к вариативной части ООП. Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Измерения на СВЧ»;
2. «Прототипирование радиотехнических систем в среде LabView» (для УП 4911140, 5911140);
3. «Современные радиолокационные и радионавигационные системы» (для УП 7911140)

и обеспечивает подготовку выпускной научной квалификационной работы (диссертации).

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение (1 академ. час). Содержание, цель и значение дисциплины в подготовке аспирантов, ее связь с другими дисциплинами и подготовкой кандидатской диссертации. Общая классификация решаемых задач.

Тема 1. Статистическая теория обработки сигналов в радиотехнических системах. (6 академ. часов)

Сообщения, сигналы и помехи. Передача, извлечение и разрушение информации. Радиосигналы. Радиосигналы с амплитудной и угловой (частотной и фазовой) модуляцией и их спектры. Радиосигналы со сложной (смешанной) модуляцией и их спектры.

Тема 2. Шумы и помехи как случайные процессы. (8 академ. часа)

Плотности распределения вероятностей, характеристические функции и функции распределения случайных процессов. Энергетические характеристики случайных процессов. Моментные и корреляционные функции. Спектральная плотность. Свойства корреляционных функций. Теорема Винера-Хинчина.

Тема 3. Стационарность и эргодичность случайных процессов. (8 академ. часов)

Автокорреляционные и взаимные корреляционные функции. Непрерывность и дифференцируемость случайных процессов. Интегрирование случайных процессов. Гауссовский случайный процесс и его характеристики. Процессы близкие к гауссовскому. Импульсные и точечные случайные процессы.

Тема 4. Марковские процессы. (6 академ. часа)

Узкополосные случайные процессы. Статистические характеристики огибающей, фазы и их производных для суммы сигнала и узкополосного шума. Выбросы случайных процессов.

Тема 5. Критерии и решающие правила оптимального обнаружения. (6 академ. часа)

Критерий Байеса, минимаксный критерий, критерий Неймана-Пирсона, критерий Вальда и др. Показатели качества обнаружения сигналов. Методы синтеза оптимальных обнаружителей. Обнаружение детерминированных и квазидетерминированных сигналов на фоне «белого» шума. Обнаружение пачек когерентных и некогерентных радиоимпульсов в «белом» шуме.

Тема 6. Корреляционная, фильтровая и корреляционно-фильтровая обработка сигналов. (8 академ. часа)

Обнаружение детерминированных и квазидетерминированных сигналов, в том числе и многоканальное, на фоне гауссовых коррелированных помех. Обеляющие фильтры. Обнаружение сигналов в негауссовых помехах.

Тема 7. Оценка максимального правдоподобия и ее свойства. (8 академ. часов)

Неравенство Крамера-Рао. Потенциальная точность измерения параметра. Многоканальный и следящий измерители. Оценивание энергетических и неэнергетических параметров сигнала на фоне «белого» шума. Функция рассогласования сигнала и ее связь с потенциальной точностью измерений.

Тема 8. Оценивание времени запаздывания, частоты и фазы различных моделей сигнала. (8 академ. часа)

Виды оценивания: фильтрация, интерполяция и экстраполяция.

Байесовы правила оценивания. Марковская аппроксимация сигналов

Тема 9. Радионавигационные системы наземного базирования (12 академ. часа)

Радиосистемы ближней навигации: дальномерные, угломерно-дальномерные.

Системы инструментальной посадки самолетов.

Радиосистемы дальней навигации: импульсные, импульсно-фазовые, фазовые разностно-дальномерные системы.

Особенности построения фазовых радионавигационных систем.
Используемые диапазоны радиоволн. Зоны обслуживания системами.

Особенности построения импульсно-фазовых радионавигационных систем. Особенности распространения радиоволн.

Тема 10. Системы и устройства радиолокации (12 академ. часов)

Физические основы радиолокации. Эффективная площадь рассеяния (ЭПР) целей. Поляризационная матрица рассеяния.

Дальность действия РЛС. Влияние атмосферы и подстилающей поверхности на дальность действия РЛС.

Устройства обнаружения (обнаружители) радиолокационных сигналов.
Структуры обнаружителей.

Разрешающая способность по дальности, угловым координатам и скорости.

Простые и сложные сигналы. Двумерная корреляционная функция (ДКФ) зондирующего сигнала. Функция неопределенности (ФН) и диаграмма неопределенности (ДН) радиолокационных сигналов.

Фазовые, частотные и импульсные дальномеры. Радиодальномеры со сложными сигналами. Пределы однозначного измерения, разрешающая способность и точность радиодальномеров.

Измерители радиальной скорости целей. Пределы однозначного измерения, разрешающая способность и точность измерителей скорости.

Амплитудные и фазовые одноканальные пеленгаторы. Амплитудные, фазовые и суммарно-разностные моноимпульсные пеленгаторы. Пределы однозначного измерения, разрешающая способность и точность пеленгаторов.

Тема 11. Особенности построения систем на основе ИСЗ. (8 академ. часа)

Виды используемых орбит: экваториальные, полярные, наклонные, круговые, эллиптические. Геостационарные орбиты. Средневысотные орбиты. Низкие орбиты.

Требования к наземному обеспечению систем с ИСЗ. Требования к аппаратуре ИСЗ.

Диапазоны радиоволн, отведенные для систем с ИСЗ. Сравнительная оценка диапазонов.

Тема 12. Системы навигации посредством ИСЗ на средневысотных орbitах. (8 академ. часов)

Система GPS. Структура системы. Космическая группировка. Наземное обеспечение. Диапазон используемых частот. Структура сигнала. Алгоритм определения местоположения.

Система Глонасс. Структура системы. Космическая группировка. Наземное обеспечение. Диапазон используемых частот. Структура сигнала. Алгоритм определения местоположения.

Особенности построения систем Галилео и Бэйдоу.

Тема 13. Системы навигации на основе низкоорбитальных ИСЗ. (8 академ. часа)

Система Транзит. Структура системы. Космическая группировка. Наземное обеспечение. Диапазон используемых частот. Структура сигнала. Алгоритм определения местоположения.

Особенности построения систем Циклон и Цикада.

Заключение. (1 академ. час) Перспективы развития радиотехнических систем

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№	Название, библиографическое описание	Семестр	К-во экз. в библ. (на каф.)
Основная литература			
1	Гоноровский И.С., Демин М.П. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов.5-е изд., перераб. и доп. -М.: Радио и связь, 1994	8	329
2	Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. М.: Радио и связь, 1991	8	188
3	Радиотехнические системы: учебник для студ. высш. учеб. заведений. Под ред. Ю.М. Казаринова - Изд. центр «Академия», 2008. – 592 с.	8	67
4	Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации. – М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2000. – 257 с.	8	21
Дополнительная литература			
1	Бакулев П.А., Сосновский А.А. Радиолокационные и радионавигационные системы. – М.: Радио и связь, 1994	8	52
2	Соколов А.И., Юрченко Ю.С. Радиоавтоматика: учебник. - М.: Изд. центр «Академия», 2011.	6	65 (0)

Зав. отделом учебной литературы  Т.В. Киселева

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№	Электронный адрес
1	http://alnam.ru/book_rts.php?id=35

Информационные технологии (операционные системы, программное обеспечение общего и специализированного назначения, а также информационные справочные системы) и материально-техническая база, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, соответствуют требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

Описание информационных технологий и материально-технической базы приведено в УМКД дисциплины.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине и методика текущего контроля содержатся в учебно-методическом комплексе дисциплины.

Конкретные формы и процедуры текущего контроля знаний и промежуточной аттестации, а также методические указания для обучающихся по самостоятельной работе при освоении дисциплин (содержащиеся в ООП) доводятся до сведения обучающихся в течение первых недель обучения.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчик

к.т.н., доцент

зам. зав. каф. РС



Orlov B.K.

Рецензент

к.т.н., проф.



Соловьев А.А.

Декан факультета радиотехники и телекоммуникаций

д.т.н., проф.



Малышев В.Н.

Согласовано

Председатель УМК факультета

радиотехники и телекоммуникаций

к.т.н., доцент



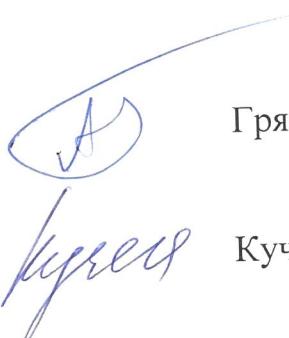
Кузнецов И.Р.

Начальник МО

д.т.н., проф.

Заведующий ОДА

к.ф-м.н.



Грязнов А.Ю.



Кучерова О.В.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Список экзаменационных вопросов

1. Статистическая радиотехника

1.1. Математическое описание и методы анализа сигналов и помех

1. Пространство сигналов. Метрические и линейные пространства сигналов.
2. Дискретные представления сигналов. Полные ортонормальные системы.
3. Интегральные представления сигналов. Преобразования Фурье, Гильберта и другие интегральные преобразования.
4. Разложение сигнала по заданной системе функций. Гармонический анализ сигналов. Спектры периодических и непериодических сигналов. Теорема отсчетов Котельникова в частотной области.
5. Дискретные сигналы и их анализ. Дискретное преобразование Фурье и Гильберта и их свойства. Решетчатые функции. Z-преобразование.
6. Сообщения, сигналы и помехи. Передача, извлечение и разрушение информации. Радиосигналы. Радиосигналы с амплитудной и угловой (частотной и фазовой) модуляцией и их спектры. Радиосигналы со сложной (смешанной) модуляцией и их спектры. Огибающая, фаза и частота узкополосного сигнала. Аналитические сигналы.
7. Шумы и помехи как случайные процессы. Плотности распределения вероятностей, характеристические функции и функции распределения случайных процессов. Энергетические характеристики случайных процессов. Моментные и корреляционные функции.
8. Спектральная плотность. Свойства корреляционных функций. Теорема Винера-Хинчина. Стационарность и эргодичность случайных процессов. Автокорреляционные и взаимные корреляционные функции. Непрерывность и дифференцируемость случайных процессов. Интегрирование случайных процессов. Гауссовский случайный процесс и его характеристики. Процессы близкие к гауссовскому. Импульсные и точечные случайные процессы. Марковские процессы. Узкополосные случайные процессы. Статистические характеристики огибающей, фазы и их производных для суммы сигнала и узкополосного шума. Выбросы случайных процессов.

1.2. Модели радиотехнических цепей и устройств

9. Линейные и нелинейные цепи и устройства. Методы анализа стационарных и переходных режимов в радиотехнических цепях, устройствах и динамических системах. Методы исследования устойчивости радиоустройств и динамических систем.
10. Линейные цепи и устройства с постоянными параметрами. Активные линейные цепи. Усилители и их характеристики. Параметры, графы и эквивалентные схемы усилителей. Прохождение сигналов и помех (детерминированных и случайных колебаний) через линейные цепи с постоянными параметрами.
11. Нелинейные цепи и устройства. Методы анализа нелинейных цепей. Умножители частоты. Амплитудные ограничители. Детекторы. Преобразователи частоты колебаний. Генераторы колебаний. Автоколебательные системы. Модуляторы колебаний. Цепи и устройства с переменными параметрами. Параметрическое усиление, преобразование и генерирование колебаний.
12. Воздействие случайных процессов на нелинейные и параметрические цепи и устройства. Статистические характеристики процессов на выходе нелинейных устройств и методы их нахождения.
13. Дискретные линейные системы. Методы анализа и синтеза дискретных радиотехнических устройств. Цифровые фильтры. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры. Физическая осуществимость и устойчивость цифровых

- фильтров. Импульсные характеристики цифровых фильтров. Спектральный анализ с помощью дискретного и быстрого преобразования Фурье.
14. Следящие радиотехнические системы. Статистическая динамика радиотехнических следящих систем. Структурные схемы следящих систем: автоматической регулировки (усиления, автоматической подстройки частоты, фазовой автоподстройки и др.). Статистические характеристики дискриминаторов. Методы анализа динамических систем с переменными и случайными параметрами. Статистическая динамика непрерывных, дискретных и импульсных следящих радиосистем.
- 1.3. Цифровые методы обработки сигналов*
15. Дискретизация сигналов по времени и квантование по уровню. Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) и выбор параметров кода. Методы синтеза алгоритмов и устройств цифровой обработки сигналов. Цифровая фильтрация и цифровые фильтры. Ошибки квантования и округления. Методы расчета цифровых фильтров. Коэффициент передачи и импульсная характеристика цифровых фильтров. Цифровая фильтрация во временной и частотной областях. Цифровой спектральный анализ. Быстрое преобразование Фурье. Цифровая обработка многомерных сигналов и изображений.
- ## 2. Системы радиосвязи и телевидения
- 2.1. Радиосистемы и устройства передачи информации*
16. Области применения и задачи передачи информации. Мера количества информации (Хартли, К. Шенон). Энтропия источника информации и ее свойства. Избыточность. Производительность. Дифференциальная энтропия.
17. Пропускная способность канала связи. Формула Шеннона. Основная теорема кодирования. Понятие о кодировании информации: код, алфавит, основание и значность кода. Методы Фэн-Шеннона и Хаффмена построения эффективного кода. Принцип построения кодов, обнаруживающих и исправляющих ошибки. Способы приема двоичных сигналов в каналах с постоянными параметрами. Некогерентный прием двоичных АМ и ЧМ сигналов. Прием ФМ сигналов, «обратная работа» и применение ОФМ. Прием сигналов в каналах со случайными параметрами. Характеристики каналов. Одиночный прием двоичных флюктуирующих сигналов. Разнесенный прием сигналов. Теории потенциальной помехоустойчивости В.А. Котельникова. Критерий помехоустойчивости приема непрерывных сообщений. Выигрыш и обобщенный выигрыш в отношении сообщение (сигнал) шум. Алгоритм оптимальной демодуляции непрерывных сообщений при слабых помехах. Виды модуляции при передаче непрерывных сообщений. Мощность шума на выходе демодулятора и его энергетический спектр. Применение АМ, БМ, ОПМ, ФМ и ЧМ, их сравнение по выигрышу и физическое объяснение. Плата за повышенную помехоустойчивость при ФМ и ЧМ. Пороговые явления при передаче непрерывных сообщений. Цифровые методы передачи непрерывных сообщений. Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ). Дифференциальная ИКМ и дельта-модуляция. Основы теории разделения сигналов и многоканальных РСПИ. Необходимое и достаточное условия линейного разделения сигналов. Частотное, временное и фазовое разделение сигналов. Разделение сигналов по форме. Асинхронное адресные системы передачи информации. Применение сложных шумоподобных сигналов в РСПИ.
18. Радиолинии. Диапазон радиоволн в системах передачи информации. Виды радиосистем передачи информации (РСПИ): связные, телевизионные, радиометрические и командные. Канал связи и его характеристики. Пропускная способность канала. Характеристики и параметры передаваемой информации. Структура радиосигналов. Методы модуляции и кодирования. Модемы и кодеки. Защита информации. Критерии качества РСПИ. Многоканальные РСПИ.

Многостанционные радиосистемы передачи информации. Синхронизация в РСПИ: фазовая, тактовая, цикловая и кадровая синхронизация.

2.2. Радиотелевизионные системы

19. Физические принципы, используемые для формирования, передачи, приема и консервации изображений. Диапазон радиоволн, используемый в телевидении. Методы разложения изображений на элементы. Принцип последовательной передачи элементов изображения. Кадр, строки и элементы изображения. Слитность изображения. Синхронизация смены кадров и начала развертки строк. Формат телевизионного сигнала. Стандарты телевизионных сигналов.
20. Особенности построения телевизионных передатчиков. Передача радиосигнала изображения. Передача звукового сопровождения. Формирование и передача сигналов синхронизации и кода цветности сигнала. Преобразование оптического изображения в электрический сигнал в передающей телевизионной камере (ПТК). Оптическая система ПТК. Передающие телевизионные трубки. Мощные широкополосные усилители с корректирующими цепями. Методы стабилизации частоты в телевизионных передатчиках.
21. Особенности передающих и приемных телевизионных антенн метровых, дециметровых и сантиметровых волн. Особенности телевизионных приемников. Селектор каналов, преобразователь частоты, УПЧ, видеоусилитель и декодер цветности. Устройство выделения синхроимпульсов для синхронизации развертки изображения приемной телевизионной трубы. Генераторы строчной и кадровой развертки. Методы запоминания, сжатия и хранения изображений
22. Цифровое телевидение.
23. Спутниковые телевизионные системы.
24. Телевизионные системы обзора и наблюдения(в том числе и скрытного).
25. Телевизионные визиры. Телевизионные системы наведения и прицеливания.
26. Охранные телевизионные системы.
27. Системы предупреждения столкновения и системы прикаливания.
28. 2.3. Системы и устройства радиоуправления
29. Области применения и задачи управления объектами.
30. Элементы теории автоматического управления. Объекты управления. Контур следящего управления и его основные звенья.
31. Командное следящее радиоуправление, автономное радиоуправление, радиоуправление при наведении по лучу, управление космическими аппаратами. Особенности радиолиний управления объектами. Командно-измерительные комплексы. Радиоуправление приборами и агрегатами. Синтез и анализ систем радиоуправления. Использование имитационных моделей.
32. 2.4. Системы радиоэлектронной борьбы
33. Задачи радиоэлектронной борьбы (РЭБ) с системами телевидения и радиосвязи.
34. Радиотехническая разведка (РТР). Определение параметров радиосигналов систем телевидения и радиосвязи различного назначения средствами РТР. Методы определения местоположения систем радиосвязи и телевидения. Эффективность средств РТР.
35. Методы и средства радиоэлектронного противодействия. Генераторы активных помех. Виды активных помех.
- 2.5. Радиотехнические системы и устройства в биологии, медицине, метрологии и других отраслях
36. Задачи радиосистем в биологии, медицине, метрологии и других отраслях. Использование ультразвуковых сигналов для медицинской диагностики и дефектоскопии.
37. Медицинские устройства СВЧ, радиометрии, интроскопии, томографии, кардиографии и т.п.

38. Радиотехнические устройства и приборы в метрологии.
39. Использование телевизионных систем в промышленности, биологии и медицине.
40. 2.6. *Методы проектирования и конструирования радиоэлектронных средств*
41. Зависимость технических требований к РЭС от их назначения и условий эксплуатации. Технологичность конструкции. Методы стандартизации в конструировании. Компоновка и комплексная микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Интегральная микросхемотехника, большие (БИС) и сверхбольшие (СБИС) интегральные схемы.
42. Печатный монтаж. Ремонтопригодность РЭА. Способы защиты РЭА от воздействия окружающей среды, динамических перегрузок и электромагнитного излучения. Тепловой режим РЭА. Надежность РЭА.

3. Радиотехнические устройства

- 3.1. *Антенны: излучение и прием радиоволн, распространение электромагнитных волн*
43. Уравнения Максвелла. Граничные условия. Энергия электромагнитного поля. Электромагнитные волны и решение однородных уравнений электродинамики. Плоские волны на границе раздела однородных сред. Рефракция радиоволн в неоднородных средах. Распространение радиоволн в природных условиях. Явления дифракции и интерференции.
44. Канализация радиоволн. Волноводы и фидеры. Теория цепей СВЧ. Электромагнитные резонаторы. Взаимные и невзаимные устройства СВЧ.
45. Элементы теории антенн. Типы направляющих систем. Элементарные излучатели. Ближняя и дальняя зоны. Приемная и передающая антенны, их параметры и характеристики. Влияние вида распределения электромагнитного поля в раскрыве антennы на основные параметры антенн. Техническая реализация антенн различных диапазонах радиоволн для целей радиосвязи и телевидения.
46. 3.2. *Устройства генерирования и формирования сигналов*
47. Генераторы и автогенераторы. Режимы самовозбуждения, их особенности. Стабильность частоты и методы ее повышения. Стабилизация с помощью высокодобротных колебательных систем (резонаторов). Кварцевые генераторы. Квантовые эталоны частоты. Умножители частоты. Синтезаторы частоты. Факторы, ограничивающие мощность генераторов. Суммирование мощностей генераторов.
48. Управление колебаниями (модуляция). Основы теории линейной и нелинейной модуляции (манипуляции).
49. Генерация и усиление СВЧ колебаний. Основные типы генераторов и усилителей СВЧ.
- 3.3. *Устройства приема и преобразования сигналов*
50. Основные типы радиоприемных устройств. Узлы радиоприемников, их схемные решения и расчет. Преобразователи частоты сигналов, смесители и гетеродины. Детекторы сигналов: амплитудные, частотные и фазовые. Усилители различных частотных диапазонов. Автоматические регулировки в радиоприемниках. Особенности телевизионных и связных радиоприемников. Элементная база радиоприемных устройств. Методы проектирования радиоприемников. Моделирование радиоприемников и их элементов. Вторичные источники электропитания.

Основная литература

- Гоноровский И.С., Демин М.П. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Радио и связь, 1994.
- Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. М.: Радио и связь, 1991.
- Григорьев А.Д. Электродинамика и техника СВЧ. М.: Высш. шк., 1990.

Антенны и устройства СВЧ: Учебник для вузов / Под ред. Д.И. Воскресенского. М: Изд-во МАИ, 1999.

Коновалов Г.Ф. Радиоавтоматика: Учебник для вузов. М: «ИПРЖР», 2003.

Устройства генерирования и формирования радиосигналов / Под ред. Г.М. Уткина, М.В. Благовещенского, В.Н. Кулешова. М.: Радио и связь, 1994.

Радиотехнические системы передачи информации / Под ред. В.В. Калмыкова. М.: Радио и связь, 1990.

